



UNIVERSITAT<sub>DE</sub>  
BARCELONA

**Efecte de la suplementació amb herbes i fruits secs en la  
composició en àcids grassos i vida útil de la carn de conill de  
l'híbrid Ibèric**

*Effect of the supplementation with herbs and nuts on the fatty  
acid composition and shelf life of Iberian rabbit cross-breed  
meat*

**Judit Santacana Querol**

judit.santacana@gmail.com

Directora: Dra. M.A. Oliver-IRTA

Tutora: Dra. M. T. Veciana-Nogués-UB



Aquesta obra està subjecta a una llicència [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

# Effect of the supplementation with herbs and nuts on the fatty acid composition and shelf life of Iberian rabbit cross-breed meat

---

## Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of a diet based on herbs and nuts on the fatty acid composition and shelf life of Iberian rabbit cross-breed meat. Animals were divided into three dietary groups and fed a control diet (C), a diet supplemented with herbs and nuts (HN) during all the fattening period (D1) and during the final period of fattening (D2). Dietary inclusion of HN modified the percentage of fatty acids, but did not improve the ratio  $w6/w3$ , which was higher in D1 and D2 (21 and 18.2, respectively) ( $p < 0.001$ ) with respect to C. In contrast, meat of D1 displayed the best ratio PUFA/SFA ( $p < 0.001$ ) and showed significantly lower TBARS values. In conclusion, the supplementation with HN during all the fattening period (D1) significantly improved the shelf life of the meat.

*Keywords:* Fatty acids; Inter and intramuscular fat content; Rabbit meat.

---

---

## Resum

L'objectiu d'aquest estudi va ser avaluar l'efecte d'una dieta basada en herbes i fruits secs sobre la composició dels àcids grassos i la vida útil de la carn crua de conill ibèric. Els animals es van dividir en tres grups dietètics i es va alimentar amb una dieta de control (C), una dieta complementada amb herbes i fruits secs (HN) durant tot el període d'engreix (D1) i durant el període final d'engreix (D2). La inclusió de HN va modificar el percentatge d'àcids grassos, però no va millorar la relació  $w6/w3$ , que va ser major en D1 i D2 (21 i 18.2, respectivament) ( $p < 0.001$ ) respecte a C. Per contra, la carn de D1 presenta la millor relació PUFA /SFA ( $p < 0.001$ ) i mostra valors de TBARS significativament inferiors. En conclusió, la suplementació amb HN durant tot el període d'engreix (D1) va millorar significativament la vida útil de la carn.

*Paraules clau:* Àcids grassos; Contingut en greix inter i intramusculars; Carn de conill

---

## **Efecte de la suplementació amb herbes i fruits secs en la composició en àcids grassos i vida útil de la carn de conill de l'híbrid Ibèric**

### **1. Introducció**

Les plantes aromàtiques i medicinals (PAM) engloben un grup molt extens de plantes que presenten com a característica comuna un elevat contingut de substàncies o principis actius amb propietats químiques, bioquímiques o organolèptiques molt específiques (DARP, 2006). Cada vegada més, les PAM són utilitzades en la nutrició animal com a tranquilitzants, estimulants digestius, estimulants de funcions fisiològiques, colorants i antioxidants, així com per a la prevenció i tractament de certes patologies (Dalle Zotte et al., 2016). A més, les PAM, així com els seus olis essencials són bones fonts d'antioxidants naturals, com els compostos fenòlics.

Es considera que l'activitat antioxidant d'aquests compostos es deu a les seves altes propietats redox i estructura química, que s'encarrega de neutralitzar els radicals lliures, quelar els metalls de transició i participar en la descomposició de peròxids (Franz et al., 2010). Per tant, poden tenir un efecte protector front l'oxidació de lípids altament insaturats tant en l'alimentació dels animals, com també, en la seva carn (Miguel, 2010). En animals monogàstrics, incloent el conill, s'ha pogut demostrar que la quantitat i composició dels àcids grassos del greix i de la carn poden ser modificats a través de la dieta (Oliver et al., 1997).

Diversos autors (Oliver et al., 1997; Bosco et al., 2001; Kouba et al., 2008) han subministrat dietes modificades per tal de millorar la composició del greix en la carn de conills i han trobat que mitjançant olis vegetals, és possible incrementar la quantitat d'àcids grassos poliinsaturats (PUFA) en els dipòsits de greix dels teixits. L'ús de dietes riques en greixos vegetals que contenen elevat contingut en àcid linoleic (com l'oli de soja o cacauet), fa augmentar la quantitat d'aquest àcid i també araquidònic en el greix de conill (Oliver et al., 1997) i porc (Wood et al., 2004; Duran et al., 2008). La carn de conill presenta un contingut baix en greixos, i el seu perfil d'àcids grassos és baix en àcids grassos saturats i colesterol, en comparació amb altres carns; també presenta un major contingut en àcids grassos insaturats (Mattioli et al., 2016). A més, s'ha pogut observar que la modificació de la dieta dels conills és molt efectiva a l'hora de produir "carn enriquida". Alguns compostos bioactius com els PUFA  $\omega$ 3, l'àcid linoleic conjugat (CLA) i la vitamina E es poden incorporar fàcilment en la seva carn (Cardinali et al., 2015).

30 Avui dia, un dels principals objectius per a la indústria càrnia és produir carn saludable reduint el  
31 contingut en àcids grassos saturats i augmentant els PUFA en el greix. La qualitat nutricional del greix de la  
32 carn s'ha avaluat amb dos índexs relacionats directament amb la salut de les persones, l'índex w6/w3 i  
33 l'índex PUFA/Saturats. El Departament de Salut i Seguretat Social del Regne Unit (Department of Health  
34 and Social Security, 1994) va recomanar incrementar la ingesta d'àcids grassos C20 i C22 (w3), ja que en les  
35 dietes actuals de la població en general, la relació aproximada de consum és 10:1.

36 Els àcids grassos insaturats de la carn de conill, estan ben equilibrats entre les dues sèries w6 i w3 (Dalle  
37 Zotte, 2002) i alguns insaturats de cadena llarga també són presents (encara que, aquests valors depenen en  
38 gran mesura de la dieta subministrada). En una dieta equilibrada es recomana un índex w6/w3 no superior a  
39 4 i un índex PUFA/Saturats de 0,45 o superior (Department of Health and Social Security UK, 1994) per a  
40 mantenir un equilibri en l'ingesta d'aquest tipus d'àcids i mantenir i/o millorar així, la salut de les persones.

41 D'altra banda, l'alt grau d'insaturació, fa que la carn de conill sigui molt susceptible a l'oxidació, fet que  
42 pot causar pèrdua de valor nutritiu i empitjorar les seves característiques nutritives i qualitat sensorial  
43 (Cardinali et al., 2015). Ebeid et al. (2013) van voler estudiar l'efecte de la suplementació amb vitamina E i  
44 seleni sobre l'oxidació lipídica de les cuixes de conill i van poder observar que l'addició d'aquests  
45 antioxidants va disminuir el nivell de TBARS (*thiobarbituric acid reactive substances*) en la carn i per tant  
46 augmentar la seva vida útil. Concretament, la carn control va variar d'entre 0,80 fins 1,60 mg MDA/kg,  
47 mentre que la carn suplementada amb ambdós antioxidants, de 0,05 fins a 1 mg MDA/kg (del dia 1 fins als 6  
48 dies post-mortem).

49 Per aquest motiu, les indústries alimentàries utilitzen sovint antioxidants sintètics. No obstant això,  
50 l'opinió del consumidor cap a aquest tipus d'additius s'ha tornat cada vegada més negativa per problemes de  
51 seguretat. Això obliga a la indústria càrnia a pendre en consideració altres alternatives procedents de fonts  
52 naturals i provar-les com a suplementes en les dietes dels animals (Kovitvadhi et al., 2016).

53 En una revisió, Christaki et al. (2012) van subratllar que l'ús de PAM en la nutrició animal, va millorar la  
54 salut dels animals, així com el rendiment i la composició de la seva carn. En aquesta línia, Mattioli et al.  
55 (2016) van estudiar l'efecte de la suplementació amb 10 espècies i herbes: ceba (*Allium cepa* L.), all (*Allium*  
56 *sativum* L.), comí (*Carum carvi* L.), fonoll (*Foeniculum vulgare* L.), genciana (*Gentiana lutea* L.), melissa  
57 (*Melissa officinalis* L.), menta (*Mentha arvensis* L.), anís (*Pimpinella anisum* L.), escorça de roure (*Quercus*  
58 *cortex*) i clau (*Syzygium aromaticum* L.); en el contingut antioxidant, l'oxidació lipídica i la composició en

59 àcids grassos de la carn de conill. La carn del grup suplementat al llarg de tot l'engreix va ser més rica en  
 60 àcid  $\alpha$ -Linolènic (ALA) i en àcids grassos de cadena llarga de la sèrie w3 (EPA i DHA) respecte els conills  
 61 que no varen ser suplementats o que només varen ser suplementats durant la lactància. A més, els seus  
 62 resultats suggereixen que la suplementació amb espècies i herbes va tenir un efecte positiu sobre l'estat  
 63 oxidatiu de la carn de conill, potenciant l'acumulació d'antioxidants en la carn ( $\alpha$ -Tocoferol i retinol) i  
 64 disminuint així, la peroxidació lipídica de la mateixa.

65 En aquest context, la lavanda (*Lavandula angustifolia*) i el seu oli essencial han estat estudiats per a les  
 66 seves propietats i aplicacions comercials. Diversos efectes beneficiosos s'han associat a la flor de lavanda,  
 67 que s'utilitza en preparacions farmacèutiques diversificades per als seus efectes sedants, i també associada a  
 68 altres propietats bioactives, incloent antioxidants, antivirals i antibacterians (Bakkali et al., 2008).

69 També, fruits secs com l'ametlla (*Prunus amygdalus*) també presenten, gran varietat de compostos  
 70 fenòlics i flavonoids, i se sap que el seu consum està associat a una disminució del risc de malalties  
 71 degeneratives com el càncer i les malalties cardiovasculars (Wijeratne et al., 2006). La pell d'ametlla és  
 72 sovint utilitzada en nutrició animal i presenta un alt contingut en compostos antioxidants com la vitamina E  
 73 en forma de  $\alpha$ -Tocoferol (Mandalari et al., 2008).

74 L'empresa Agromatarraña S.L. va voler introduir a l'alimentació dels seus conills coproductes  
 75 tradicionals i de la zona tals com lavanda, pell d'ametlla i pipes de girasol per tal d'obtenir una carn  
 76 diferenciada i de màxima qualitat, en comparació la producció de conill estàndard del mercat. L'objectiu  
 77 d'aquest estudi va ser introduir una dieta basada en herbes i fruits secs, en l'alimentació dels conills Ibèrics  
 78 durant tot el període d'engreix o bé en els últims quinze dies, per tal de millorar la composició en àcids  
 79 grassos i la vida útil de la seva carn.

## 80 **2. Materials i mètodes**

### 81 **2.1. Animals i dietes**

82 Seixanta animals de la raça Neozelandesa i híbrids Ibèrics van ser criats i alimentats a l'empresa  
 83 Agromatarraña, Fabara (Saragossa) sota condicions habituals de producció. Van ser dividits en tres grups  
 84 en l'edat del deslletament (30-35 dies d'edat) i alimentats *ad libitum* amb tres dietes diferents fins al final  
 85 de l'estudi (80-100 dies d'edat) (n=20 animals/dieta). La dieta control (C) va ser un pinso estàndard per als

conills de la raça Neozelandesa. La dieta experimental 1 (D1) amb herbes i fruits secs (HF) va ser subministrada durant tot l'engreix (50-65 dies) als conills Ibèrics d'ulls negres. La dieta experimental 2 (D2) amb HF va ser subministrada durant la fase final de l'engreix (10-15 dies) als conills Ibèrics d'ulls negres.

Tots els conills van ser sacrificats a l'escorxador Venanci Moncada S.L. amb pesos d'entre 2100 i 2200 grams. El transport de les 60 canals es va realitzar en refrigeració (3-5°C) des de l'escorxador fins a les instal·lacions de l'IRTA-Monells, abans de les 24h post-mortem.

## 2.2. Composició química i en àcids grassos de les dietes

L'anàlisi en composició química, contingut en  $\alpha$ -Tocoferol i àcids grassos de les dietes es va realitzar pel laboratori extern OFICE S.L (*Laboratorio de investigación Cerealista*) i es mostra a la Taula 1.

La humitat i greix (%p/p) van ser determinats per gravimetria i la proteïna (%p/p) per destil·lació Kjeldhal segons el Reglament (CE) n°152/2009. La vitamina E expressada en mg/kg de  $\alpha$ -Tocoferol, es va determinar amb cromatografia líquida amb detector de díode (HPLC-DAD) segons la Directiva 2000/45/CE. El perfil d'àcids grassos mitjançant un cromatògraf de gasos amb detector de ionització de flama (CG- FID) i expressat en g/100g de greix.

Taula 1

Composició química (%), contingut en  $\alpha$ -Tocoferol (mg/kg) i àcids grassos (g/100g) de les diferents dietes

	Control (C)	Dieta 1 (D1)	Dieta 2 (D2)
Humitat	11,23	10,83	10,30
Proteïna	15,07	13,43	14,25
Greix	3,00	5,39	5,09
$\alpha$ -Tocoferol	35,00	59,00	57,00
C16:0 (palmític)	17,40	11,40	16,80
C18:0 (esteàric)	4,82	3,15	3,20
C18:1n-9 (oleic)	24,90	24,80	33,50
C18:2n-6 (linoleic)	36,60	47,40	32,30
C18:3n-3( $\alpha$ -Linolènic)	3,91	2,35	2,83
C20:5n-3 (EPA)	0,03	0,09	0,05
C22:6n-3 (DHA)	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Dieta control: raça Neozelandesa, pinso estàndard. Dieta 1: híbrid Ibèric d'ulls negres, alimentació amb herbes i fruits secs (HF) durant tot l'engreix (50-65 dies). Dieta 2: híbrid Ibèric d'ulls negres, alimentació amb HF durant els últims 10-15 dies d'engreix. EPA: àcid eicosapentaenoic. DHA: àcid docosahexaenoic.

## 2.3. Contingut en greix i perfil d'àcids grassos de la carn

Es van utilitzar les dues cuixes de les 60 canals i es van congelar envasades al buit en bosses d'alumini per a la seva posterior anàlisi. Les cuixes es van desosar manualment i posteriorment, la carn va ser picada

104 amb una picadora domèstica. Part de la carn picada va ser immediatament utilitzada per a predir la seva  
 105 composició química utilitzant l'equip FOSS FoodScan™ espectrofotòmetre d'infraroig proper (FOSS  
 106 Analytical A/S, Hillerød, Denmark). Posteriorment, totes les mostres van ser envasades al buit en bosses  
 107 d'alumini i emmagatzemades a -20°C per a les posteriors anàlisis a l'IRTA, Monells, Girona.

108 Els àcids grassos es van extreure de la carn utilitzant una solució extractora clororform-metanol 2:1  
 109 (Folch et al., 1969). La solució va ser tractada dins un embut de decantació que contenia una solució  
 110 saturada de NaCl (40% en volum respecte la fase orgànica). Un cop les dues fases varen estar ben  
 111 separades, es va afegir el patró intern. A partir del KOH-metanol (2 N) i trifluorur de bor al 14% de metanol  
 112 (Sigma) es van obtenir els èsters metílics concentrats dels àcids grassos. La reacció va tenir lloc a 80°C  
 113 durant 1 h. Els èsters metílics dels àcids grassos es van extreure amb hexà després de l'addició d'aigua  
 114 saturada amb NaCl (Díaz, 1994).

115 La composició dels àcids grassos va ser determinada mitjançant un cromatògraf de gasos utilitzant el  
 116 cromatògraf Hewlett-Packard 5890 equipat amb un injector Split i un detector de ionització de flama,  
 117 utilitzant una columna capil·lar (DB 225 J&W, 30 m llargada, 0,25 mm diàmetre intern, 0,25 mm gruix) i  
 118 una fase estacionària polar (cianopropilfenil-metilpolisiloxà). El gas portador va ser heli a un cabal de 1  
 119 ml/min. La temperatura del forn es va mantenir a 110°C durant 1 min, augmentant fins a 230 a una taxa de  
 120 4°C/min. Les temperatures de l'injector i del detector van ser 250°C. El perfil d'àcids grassos de la carn va  
 121 ser quantificat utilitzant com a patró intern l'àcid nonadecanoic (C19:0). Els èsters metílics es van  
 122 identificar utilitzant Sigma Chemical Co. Standard (Lipid Standard: Fatty Acid Methyl Ester Mixture #  
 123 189-19).

#### 124 **2.4. Anàlisi de la vida útil de la carn. Determinació de TBARS**

125 Els lloms (n= 24) es van envasar en safates permeables a l'oxigen i es van mantenir en una vitrina  
 126 simulant condicions comercials (4 ± 2°C; 12h de llum artificial i 12h de foscor). Dotze lloms es van retirar  
 127 als 5 dies i els altres es van mantenir fins els 12 dies d'exposició. A aquests temps, es van envasar al buit en  
 128 bosses d'alumini i es van congelar fins la seva posterior anàlisi (TBARS).

129 La determinació del grau d'oxidació lipídica es va realitzar mitjançant el mètode de l'àcid tiobarbitúric  
 130 (TBA), anomenat TBARS ("tiobarbituric acid reactive substances"). El mètode es basa en la reacció entre  
 131 el malonaldehid (MDA) –producte secundari de l'oxidació lipídica- i el TBA, els quals formen un complex

de color rosat quantificable a una longitud d'ona de 531 nm (Ahn et al., 1998). Els resultats s'expressen en mg MDA/kg de múscul.

## 2.5. Anàlisi estadístic

Es va estudiar l'efecte de la dieta i es van obtenir "Least square means" (LSM) (Mitjanes per mínims quadrats) per comparar cada grup. Es va utilitzar el programa GLM del software SAS (SAS, 1988).

## 3. Resultats i discussió

### 3.1. Composició química i en àcids grassos de les dietes

El contingut en humitat va ser similar per a totes les dietes. En canvi, el contingut en greix i vitamina E ( $\alpha$ -Tocoferol) va ser superior en els dietes 1 (D1) (5,39% greix i 59 mg/kg  $\alpha$ -Tocoferol) i 2 (D2) (5,09% greix i 57 mg/kg  $\alpha$ -Tocoferol), a diferència del contingut en proteïna, superior en la dieta control (C) (15,07%) (Taula 1). Les dietes D1 i D2 van presentar la mateixa formulació a excepció de la dieta D2 que presentava un ingredient diferent a D1, format per sals càlciques d'àcids grassos d'oli de palma i oliva (82% matèria grassa bruta, 7% calci, 7,5% humitat). És per això que la dieta D2 (16,8% àcid palmític (C16:0) i 33,5% àcid oleic (C18:1n-9) va presentar un contingut superior a D1, en aquests dos àcids. L'àcid linoleic (C18:2n-6) va ser superior en la dieta D1 (47,4%), comparat amb la dieta C (36,6%) i D2 (32,3%).

L'àcid  $\alpha$ -Linolènic (C18:3n-3) va ser lleugerament superior en la dieta C (3,91%), en comparació a les dietes D1 (2,35%) i D2 (2,83%). Resultats similars als nostres van obtenir Ramírez et al. (2005) en la seva dieta comercial: alta proporció de C18:2n-6 (45,5%), C18:1n-7 (22%) i C16:0 (17,7%). No obstant, el percentatge de C18:3n-3 (6,4%) va ser superior al nostre.

### 3.2. Efecte de la dieta en la composició en àcids grassos de la carn

A la Taula 2 es presenten els resultats en Least square means de l'efecte de la dieta en la composició química del múscul. La humitat no va presentar diferències significatives ( $p > 0,05$ ). El contingut en proteïna va ser superior en la carn C (22,45%) i similar en les carns D1 i D2 (21,88%) ( $p < 0,001$ ). No obstant, el percentatge de greix en el múscul va ser superior en la carn de les dietes D1 i D2 (4,09% i 4,01%, respectivament) en comparació a la carn de la dieta C (2,97%) ( $p < 0,05$ ). Això és degut a que les dietes D1 i



157 D2 presenten herbes i fruits secs (HF) i una composició diferent en comparació a la dieta C (Taula 1).  
 158 Resultats similars de greix en el múscul, van ésser obtinguts per Ramírez et al. (2005), però una mica més  
 159 baixos (variant d'entre 2,97 fins un 3,21%).

160 La suplementació amb HF va modificar la proporció d'àcids grassos tal i com es presenta a la Taula 3.  
 161 Les diferències més rellevants entre la carn C i la carn de les dietes D1 i D2 es van trobar en l'àcid làuric,  
 162 mirístic, C15:0, palmític, C16:1n-9, margàric, esteàric, oleic (C18:1 n-9), C18:1n-7, linoleic,  $\alpha$ -Linolènic,  
 163 araquidònic (C20:4 n-6), EPA (C20:5 n-3) i DHA (C22:6 n-3). L'àcid palmític (C16:0) va ser superior en  
 164 la carn C, seguida de la D2 i D1 ( $p < 0,001$ ). De la mateixa manera, l'àcid oleic (C18:1n-9) va ser superior  
 165 en la carn D2 i similar a les carns C i D1 ( $p < 0,001$ ). La carn D2 va presentar més quantitat d'àcid palmític i  
 166 oleic, ja que la dieta 2 tenia un ingredient ric en aquests dos àcids, en comparació a la dieta 1 (Taula 1).

167 Pel que fa a l'àcid linoleic (C18:2n-6) va ser superior en la carn D1, seguida de la D2 i la C ( $p < 0,001$ ).  
 168 D'aquesta manera, la carn C va ser la que va presentar un major contingut en l'àcid  $\alpha$ -Linolènic (C18:3n-  
 169 3), i conseqüentment major contingut en EPA i DHA ( $p < 0,001$ ). Aquests resultats són del tot esperats ja  
 170 que la dieta D1 suplementada amb HF va ser subministrada durant tot l'engreix, comparada amb la D2, que  
 171 només va ser en els últims 10-15 dies d'engreix; i tal i com asseguren Mandalari et al. (2008) la pell  
 172 d'ametlla presenta principalment MUFA, seguit dels PUFA, dels quals l'àcid linoleic representa un 26%  
 173 del total, per tant era d'esperar que la carn D1 presentés un major contingut en aquest àcid.

174 Els àcids grassos C18:1trans, C18:2 n-6 trans no es van trobar en concentracions superiors a 0,1%. Tot i  
 175 així, els nostres resultats en àcids grassos són comparables als trobats per Ramírez et al. (2005), els quals  
 176 obtenen 25,38% C16:0; 22,52% C18:1n-9; 31,41% C18:2n-6 i 3,17% C18:3n-3.

177 Per tant els nostres resultats confirmen l'alt contingut en àcid grassos poliinsaturats de la carn de conill,  
 178 i en especial d'àcid linoleic. Altres autors com Oliver et al. (1997) han demostrat també un efecte de la  
 179 dieta en la composició en àcids grassos.

Taula 2

LSM de l'efecte del tipus de dieta en la composició química de les cuixes de conill (g/100g)

	Control (n=20)	Dieta 1 (n=20)	Dieta 2 (n=20)	Significació	RMSE
Humitat	75,31	74,63	74,68	ns	1,03
Proteïna	22,45 <sup>a</sup>	21,88 <sup>b</sup>	21,88 <sup>b</sup>	***	0,43
Greix	2,97 <sup>b</sup>	4,09 <sup>a</sup>	4,01 <sup>a</sup>	**	0,95

Diferents lletres (a-c) en una mateixa fila indiquen diferències significatives: \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ . ns: no significatiu. LSM: least square means. RMSE: root-mean-square error (error del model).

Taula 3

LSM de l'efecte del tipus de dieta en el perfil d'àcids grassos (g/100g)

	Control (n=20)	Dieta 1 (n=20)	Dieta 2 (n=20)	Significació	RMSE
C10:0 (càpric)	0,34	0,23	0,27	ns	0,17
C12:0 (làuric)	0,36 <sup>a</sup>	1,56 <sup>b</sup>	1,5 <sup>b</sup>	***	0,21
C14:0 (mirístic)	1,92 <sup>b</sup>	3,33 <sup>a</sup>	3,34 <sup>a</sup>	***	0,33
C14:1	0,08	0,11	0,12	ns	0,07
C15:0	0,54 <sup>a</sup>	0,44 <sup>b</sup>	0,45 <sup>b</sup>	**	0,08
C16:0 (palmitic)	25,17 <sup>a</sup>	22,91 <sup>c</sup>	24,06 <sup>b</sup>	***	1,37
C16:1 n-9	0,42 <sup>a</sup>	0,30 <sup>b</sup>	0,33 <sup>b</sup>	***	0,06
C16:1 n-7 (palmitoleic)	1,79	1,77	1,99	ns	0,67
C17:0 (margàric)	0,62 <sup>a</sup>	0,46 <sup>b</sup>	0,45 <sup>b</sup>	***	0,06
C17:1 (heptadecenoic)	0,34	0,32	0,30	ns	0,26
C18:0 (estearic)	7,80 <sup>a</sup>	6,30 <sup>b</sup>	6,44 <sup>b</sup>	***	0,81
C18:1 t	0,05	0,08	0,07	ns	0,06
C18:1 n-9 (oleic)	21,81 <sup>b</sup>	21,32 <sup>b</sup>	23,36 <sup>a</sup>	***	1,60
C18:1 n-7	1,60 <sup>a</sup>	1,17 <sup>c</sup>	1,32 <sup>b</sup>	***	0,15
C18:2 n-6 (linoleic)	27,71 <sup>c</sup>	33,10 <sup>a</sup>	29,52 <sup>b</sup>	***	1,92
C18:2 n-6 t	0,03	0,04	0,03	ns	0,04
C18:3n-6	0,08	0,13	0,07	ns	0,11
C18:3 n-3 ( $\alpha$ -Linolènic)	2,15 <sup>a</sup>	1,65 <sup>b</sup>	1,69 <sup>b</sup>	***	0,34
C20:0	0,11	0,08	0,08	ns	0,07
C20:1 (icosaenoic)	0,31	0,26	0,27	ns	0,09
C20:2	0,54 <sup>a</sup>	0,47 <sup>b</sup>	0,45 <sup>b</sup>	*	0,10
C20:3 n-6	0,50 <sup>a</sup>	0,41 <sup>b</sup>	0,38 <sup>b</sup>	***	0,09
C20:3 n-3	0,47	0,03	0,04	ns	1,01
C20:4 n-6 (araquidònic)	4,12 <sup>a</sup>	3,13 <sup>b</sup>	3,00 <sup>b</sup>	**	1,00
C20:5 n-3 (EPA)	0,13 <sup>a</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>	***	0,06
C22:6 n-3 (DHA)	0,18 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>	***	0,07

DHA: àcid docosahexaenoic. EPA: àcid eicosapentaenoic. Diferents lletres (a-c) en una mateixa fila indiquen diferències significatives: \*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001. ns: no significatiu. LSM: least square means. RMSE: root-mean-square error (error del model).

### 3.3. Principals àcids grassos totals i índexs més importants relacionats amb la salut humana

La Taula 4 mostra els Least square means dels principals àcids grassos totals i índexs relacionats amb la salut humana. Els àcids grassos saturats van ser significativament superiors en les carns C i D2 (p<0,01). La carn D2 va presentar més MUFA (p<0,01) ja que la dieta era rica en àcid oleic. En canvi la carn D1 va ser la que va contenir major quantitat de PUFA (p<0,001), ja que la dieta era rica en àcid linoleic. L'alta proporció de PUFA en la carn de conill, explica la seva alta susceptibilitat a l'enranciment (oxidació lipídica) (Bosco et al., 2001).

La suplementació amb HF no va millorar l'índex w6/w3 ja que va ser menor en la carn C (p<0,001), però si l'índex PUFA/Saturats, el qual va ser superior en la carn D1 (p<0,001). L'índex w6/w3 és molt

189 elevat en carn de conill, degut a l'alt contingut en àcid linoleic. No obstant, els nostres resultats en les carns  
 190 D1 i D2 van ser superiors als publicats per Dalle Zotte et al. (2016) i els quals van obtenir valors per a  
 191 l'índex w6/w3 de 11,60.

192 També, Mattioli et al. (2016) van suplementar als seus conills amb diferents espècies i herbes, i van  
 193 obtenir valors per aquest índex molt inferiors ( $w6/w3 = 3,51$ ) ja que el seu contingut en àcid  $\alpha$ -Linolènic va  
 194 ser superior (7,94%). Pel que fa a l'índex PUFA/Saturats, Liu et al. (2009) els quals van voler estudiar  
 195 l'efecte dels tanins de la castanya en la composició de la carn de conill, van obtenir valors inferiors  
 196 (PUFA/Saturats = 0,75).

197 Segons la revisió de Marín et al. (2016), la lavanda (*Lavandula officinalis*) presenta una alta activitat  
 198 antioxidant (61,52% inhibició de TBARS) si la comparem amb els valors d'activitat antioxidant d'una  
 199 substància de referència com és el Butil-hidroxitoluè o BHT (84,71%), un dels additius alimentaris més  
 200 utilitzats. Això confirma els resultats obtinguts en la carn D1 ja que la dieta subministrada, rica en HF  
 201 durant tot l'engreix i amb un elevat contingut en  $\alpha$ -Tocoferol, va fer que part d'aquest poder antioxidant  
 202 protegís als PUFA de la seva oxidació, obtenint així valors més elevats de w6 en la carn D1.

203 Uns altres tipus particulars de greixos insaturats, són els greixos trans. Aquests están presents en els  
 204 aliments i el seu consum augmenta el risc de malaltia coronària, més que qualsevol altre nutrient. Poden ser  
 205 produïts industrialment i també estar presents naturalment en productes alimentaris derivats d'animals  
 206 remugans (European Commission, 2018). En el nostre estudi, la carn de conill no presenta aquest tipus de  
 207 greixos perjudicials per a la salut de les persones, o si més no les quantitats que pot arribar a contenir són  
 208 mínimes (0,12%) i aquest resultat es confirma en els treballs de Ramírez et al. (2005) i Dalle Zotte (2002).

Taula 4

LSM de l'efecte del tipus de dieta en el contingut en àcids grassos totals i índexs més importants (g/100g)

	Control (n=20)	Dieta 1 (n=20)	Dieta 2 (n=20)	Significació	RMSE
SATURATS	36,90 <sup>a</sup>	35,32 <sup>b</sup>	37,12 <sup>a</sup>	**	1,89
MUFA	27,17 <sup>a</sup>	25,53 <sup>b</sup>	27,82 <sup>a</sup>	**	1,89
PUFA	35,91 <sup>b</sup>	39,10 <sup>a</sup>	35,03 <sup>b</sup>	***	2,92
$\omega 6$	32,97 <sup>b</sup>	37,32 <sup>a</sup>	33,20 <sup>b</sup>	***	2,65
$\omega 3$	2,93 <sup>a</sup>	1,78 <sup>b</sup>	1,83 <sup>b</sup>	**	1,07
$\omega 6/\omega 3$	12,53 <sup>c</sup>	20,99 <sup>a</sup>	18,17 <sup>b</sup>	***	1,70
PUFA/SATURATS	0,98 <sup>b</sup>	1,11 <sup>a</sup>	0,95 <sup>b</sup>	***	0,13
$\Sigma$ AG trans	0,08	0,12	0,10	ns	0,06

MUFA: àcids grassos monoinsaturats. PUFA: àcids grassos poliinsaturats. Diferents lletres (a-c) en una mateixa fila indiquen diferències significatives: \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ . ns: no significatiu. LSM: least square means. RMSE: root-mean-square error (error del model).

### 3.4. Efecte de la dieta en l'oxidació lipídica de la carn

S'han estudiat els efectes de la dieta, el temps d'exposició en vitrina i la interacció entre dieta\*temps sobre els valors de TBARS (oxidació lipídica). La dieta i el temps van ser significatius ( $p=0,0051$  i  $p=0,0001$ , respectivament), mentre que la interacció entre dieta\*temps no ( $p=0,3431$ ).

A la Taula 5 es presenten els resultats de Least square means de l'efecte del tipus de dieta en l'oxidació lipídica del múscul *Longissimus dorsi*. Els resultats mostren diferències significatives entre els diferents tipus de carn. S'observa que la carn C va presentar valors significativament superiors a la carn D1. D'aquesta manera la suplementació amb HF va jugar un paper protector front l'oxidació lipídica tal i com mostren en els seus treballs, Domínguez et al. (2014) i Ebeid et al. (2013).

A la Taula 6 es mostren els Least square means de l'efecte del temps en l'oxidació lipídica del múscul *Longissimus dorsi*. El temps va influir significativament en el nivell de TBARS: l'oxidació lipídica als 12 dies va ser superior als 5 dies ( $p<0,001$ ). Ebeid et al. (2013) els quals van suplementar amb vitamina E i seleni, obtenen valors superiors als nostres als 6 dies post-mortem en les cuixes de conill (1 mg MDA/kg). El límit màxim de ranciesa per a l'acceptabilitat de la carn es troba al voltant de 0,5-1 mg MDA/ kg en animals monogàstrics (Tarladgis et al., 1960).

Taula 5

LSM de l'efecte del tipus de dieta en l'oxidació lipídica del múscul *Longissimus dorsi* (mg MDA/kg)

	Control (n=12)	Dieta1 (n=12)	Dieta 2 (n=12)	Significació	RMSE
Oxidació lipídica	0,25 <sup>a</sup>	0,16 <sup>b</sup>	0,22 <sup>a,b</sup>	**	0,09

Diferents lletres (a-c) en una mateixa fila indiquen diferències significatives: \* $p<0,05$ ; \*\* $p<0,01$ ; \*\*\* $p<0,001$ . ns: no significatiu. LSM: least square means. RMSE: root-mean-square error (error del model).

Taula 6

LSM de l'efecte del temps (5 i 12 dies) en l'oxidació lipídica del múscul *Longissimus dorsi* (mg MDA/kg)

	Temps (5 dies)	Temps (12 dies)	Significació	RMSE
Oxidació lipídica	0,16 <sup>a</sup>	0,26 <sup>b</sup>	***	0,09

Diferents lletres (a-c) en una mateixa fila indiquen diferències significatives: \* $p<0,05$ ; \*\* $p<0,01$ ; \*\*\* $p<0,001$ . ns: no significatiu. LSM: least square means. RMSE: root-mean-square error (error del model).

#### 224 4. Conclusions

225 La carn dels animals de la Dieta 1 (HF durant tot l'engreix) va presentar els millors resultats en termes  
 226 de vida útil, respecte la carn dels animals de les altres dietes. Es veu un clar efecte en l'inclusió HF en la  
 227 dieta d'aquests animals en la millora i allargament de la vida útil de la carn, en ambdues dietes.

228 El greix present en la carn dels animals alimentats amb les dietes 1 i 2 va ser significativament superior  
 229 a la carn dels animals alimentats en base la dieta estàndard. Aquests resultats podrien suggerir que la carn  
 230 tindrà millors propietats organolèptiques (tendresa i gust).

231 Es proposa revisar els ingredients de les dietes 1 i 2, i en tot cas seria recomanable disminuir els  
 232 ingredients que facilitessin un descens del percentatge d'àcid linoleic i augmentessin el d'àcid oleic.  
 233 D'aquesta manera, es podria millorar la vida útil i composició nutricional de la carn.

234 Seria aconsellable dissenyar un nou assaig per a comparar l'alimentació dels conills, utilitzant la dieta  
 235 1, suplementant amb HF durant tot l'engreix o els últims 15 dies. L'objectiu final seria comprovar si  
 236 s'aconsegueixen els mateixos resultats en vida útil. Si fos així, es podria aconseguir un avantatge econòmic  
 237 del sistema de producció.

238 En futurs estudis, caldria determinar el contingut en  $\alpha$ -Tocoferol de les diferents carns estudiades per tal  
 239 d'observar si hi ha una pèrdua d'aquesta vitamina, a causa del seu efecte antioxidant protector front  
 240 l'oxidació d'aquests àcids grassos.

#### 241 Agraïments

242 Agraïm al senyor Michel Campanales president de l'Associació de Productors de Conill Ibèric  
 243 d'Espanya i gerent d'Agromatarraña S.L., i al senyor Carles Perpinyan el finançament i la seva  
 244 col·laboració en aquest treball. Agraïm al Dr. Jose A. García Regueiro el seu assessorament al laboratori.

#### 245 Referències

246 Ahn DU, Olson DG, Lee JI, Jo C, Wu C, Chen X. Packaging and Irradiation Effects on Lipid Oxidation  
 247 and Volatiles in Pork Patties. J Food Sci. 1998; 63(1):15-19.

248 Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils. A review. Food Chem

- 249 Toxicol. 2008; 46(2):446–475.
- 250 Bosco AD, Castellini C, Bernardini M. Nutritional Quality of Rabbit Meat as Affected by Cooking  
251 Procedure and Dietary Vitamin E. J Food Sci. 2001; 66(7):1047–1051.
- 252 Cardinali R, Cullere M, Dal Bosco A, Mugnai C, Ruggeri S, Mattioli S, et al. Oregano, rosemary and  
253 vitamin E dietary supplementation in growing rabbits: Effect on growth performance, carcass traits,  
254 bone development and meat chemical composition. Livest Sci. 2015; 175:83–89.
- 255 Christaki E, Bonos E, Giannenas I, Florou-Paneri P. Aromatic Plants as a Source of Bioactive Compounds.  
256 J Sci Food Agric. 2012;(4): 228–243.
- 257 Dalle Zotte A, Celia C, Szendrő Z. Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit  
258 diets and as additive in rabbit meat: A review. Livest Sci. 2016; 189:82–90.
- 259 Dalle Zotte A. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat  
260 quality. Livest Product Sci. 2002; 75(1):11–32.
- 261 DARP. Plantes aromàtiques i medicinals [Internet]. Catalunya: Generalitat de Catalunya; 2006. Disponible  
262 a: [http://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/126164/646449\\_DT13\\_PAM.pdf/c27de763-1bc6-469a-](http://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/126164/646449_DT13_PAM.pdf/c27de763-1bc6-469a-a406-b2fd54bf37e3/)  
263 [a406-b2fd54bf37e3/](http://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/126164/646449_DT13_PAM.pdf/c27de763-1bc6-469a-a406-b2fd54bf37e3/).
- 264 Department of Health and Social Security. Nutritional aspects of cardiovascular disease (Report on health  
265 and social subjects n°.46) H.M. Stationery Office: London; 1994.
- 266 Díaz I. Modificaciones de la composición lipídica durante procesos tecnológicos del jamón curado. Tesis  
267 Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona, Spain; 1994.
- 268 Domínguez R, Gómez M, Fonseca S, Lorenzo JM. Influence of thermal treatment on formation of volatile  
269 compounds, cooking loss and lipid oxidation in foal meat. J Food Sci Technol. 2014; 58(2):439–445.
- 270 Duran P. Effects on dietary fatty acid composition on pig fat and fatty acid deposition. Tesi Doctoral.  
271 Universitat Rovira i Virgili, Spain; 2008.

- 272 Ebeid TA, Zeweil HS, Basyony MM, Dosoky WM, Badry H. Fortification of rabbit diets with vitamin E or  
 273 selenium affects growth performance, lipid peroxidation, oxidative status and immune response in  
 274 growing rabbits. *Livest Sci.* 2013; 155(2–3): 323–331.
- 275 European Commission. Open public consultation on the initiative to limit industrial trans fats intakes in the  
 276 European Union [Internet]. European Commission: 2018. Disponible a:  
 277 [https://ec.europa.eu/info/consultations/open-public-consultation-initiative-limit-industrial-trans-fats-](https://ec.europa.eu/info/consultations/open-public-consultation-initiative-limit-industrial-trans-fats-intakes-eu_en/)  
 278 [intakes-eu\\_en/](https://ec.europa.eu/info/consultations/open-public-consultation-initiative-limit-industrial-trans-fats-intakes-eu_en/).
- 279 Folch J, Lees M, Sloane S. A Simple method for the isolation and purification of total lipides from animal  
 280 tissues. *J Biol Chem.* 1969; 4(4): 273–279.
- 281 Franz C, Baser K, Windisch W. Essential oils and aromatic plants in animal feeding - a European  
 282 perspective. A review. *Flavour Fragr J.* 2010; 25(5): 327–340.
- 283 Kouba M, Benatmane F, Blochet JE, Mourot J. Effect of a linseed diet on lipid oxidation, fatty acid  
 284 composition of muscle, perirenal fat, and raw and cooked rabbit meat. *Meat Sci.* 2008; 80(3): 829–  
 285 834.
- 286 Kovitvadhi A, Gasco L, Ferrocino I, Rotolo L, Dabbou S, Malfatto V, et al. Effect of purple loosestrife  
 287 (*Lythrum salicaria*) diet supplementation in rabbit nutrition on performance, digestibility, health and  
 288 meat quality. *Animal Sci J.* 2016; 10(1): 10–18.
- 289 Liu HW, Gai F, Gasco L, Brugiapaglia A, Lussiana C, Guo KJ, et al. Effects of chestnut tannins on carcass  
 290 characteristics, meat quality, lipid oxidation and fatty acid composition of rabbits. *Meat Sci.* 2009;  
 291 83(4): 678–683.
- 292 Mandalari G, Faulks RM, Rich GT, Lo Turco V, Picout DR, Lo Curto RB, et al. Release of Protein, Lipid,  
 293 and Vitamin E from Almond Seeds during Digestion. *J Agric Food Chem.* 2008; 56(9): 3409–3416.
- 294 Marín I, Sayas-Barberá E, Viuda-Martos M, Navarro C, Sendra E. Chemical Composition, Antioxidant and  
 295 Antimicrobial Activity of Essential Oils from Organic Fennel, Parsley, and Lavender from Spain. *J*  
 296 *Food.* 2016; 5(1):18.

- 297 Mattioli S, Dal Bosco A, Szendrő Z, Cullere M, Gerencsér Z, Matics Z, et al. The effect of dietary  
298 Digestarom herbal supplementation on rabbit meat fatty acid profile, lipid oxidation and antioxidant  
299 content. *Meat Sci.* 2016; 121: 238–242.
- 300 Miguel MG. Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants. A review. *Flavour Fragr J.* 2010; 25(5):  
301 291–312.
- 302 Oliver MA, Guerrero L, Diaz I, Gispert M, Pla M, Blasco A. The effect of fat-enriched diets on the  
303 perirenal fat quality and sensory characteristics of meat from rabbits. *Meat Sci.* 1997; 47(1–2): 95–  
304 103.
- 305 Ramírez JA, Díaz I, Pla M, Gil M, Blasco A, Àngels Oliver M. Fatty acid composition of leg meat and  
306 perirenal fat of rabbits selected by growth rate. *J Food Chem.* 2005; 90(1–2): 251–256.
- 307 SAS. SAS/STAT User's *Guide Statistics*. Cary, NC, USA: SAS. 1988; Institute Inc.
- 308 Tarladgis BG, Watts BM, Younathan MT, Dugan L. A distillation method for the quantitative  
309 determination of malonaldehyde in rancid foods. *J Am Oil Chem Soc.* 1960; 37(1): 44–48.
- 310 Wijeratne SSK, Abou-Zaid MM, Shahidi F. Antioxidant Polyphenols in Almond and Its Coproducts. *J*  
311 *Agric Food Chem.* 2006; 54(2): 312–318.
- 312 Wood J, Nute G, Richardson R, Whittington F, Southwood O, Plastow G, Chang K. Effects of breed, diet  
313 and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Sci.* 2004; 67(4): 651–667.